

## 明 細 書

### 鋳造機械部品用金属材料およびアルミニウム溶湯接触部材並びにその製造方法

#### 発明の技術分野

- [0001] 本発明は、鋳造機械部品用金属材料およびアルミニウム溶湯接触部材並びにその製造方法に係り、特に、アルミニウム溶湯に対する耐溶損性に優れた鋳造機械部品用金属材料およびアルミニウム溶湯接触部材並びにその製造方法に関する。

#### 背景技術

- [0002] アルミニウム溶湯は、鉄などの金属と反応して金属間化合物を生成する性質がある。鋳造機において溶湯と直接接触する鉄鋼製の部品には、アルミニウムとの反応により毀損される現象が生じ、この現象は溶損と呼ばれている。アルミニウム合金の鋳造では、樋、金型、スリーブ、入れ子をはじめとして溶湯に接触する主要な部品には、この溶損に対する対策が必要不可欠である。
- [0003] アルミニウム鋳造の金型等には、一般的には窒化处理が施された工具鋼等の鋼鉄製部材が用いられている。窒化处理は、窒素を鋼の表面から拡散進入させ硬い窒化層を形成する処理で、耐摩耗性の強化に優れているという特徴があるが、溶損防止という点からは、必ずしも十分ではないことが従来から指摘されている。
- [0004] そこで、高い耐溶損性が要求される部材には、PVD処理(Physical Vapor Desposition)やCVD(Cheical Vapor Desposition)処理といった蒸着法により、部材表面にセラミックスの被膜をコーティングをすることが行われている。このセラミックス被膜は、アルミニウム溶湯に対して化学的に安定しているため、非常に優れた耐溶損性を発揮することが知られている(機械工学便覧新版、B2編加工学・加工機器第157頁参照)。
- [0005] しかしながら、PVD処理やCVD処理によるセラミックス被膜の最大の問題点は、熱応力による剥離である。すなわち、鉄鋼基材とセラミックスの熱膨張係数の差が大きく、鋳造サイクルの連続による加熱・冷却の繰り返しにより、セラミックス被膜と基材の境界に大きな熱応力が発生する。この大きな熱応力のために、セラミックス皮膜が剥離

して基材が溶湯と直接接触する結果、突然溶損が進行するという事態が発生することが多い。

[0006] このようなセラミックス皮膜の剥離対策としては、皮膜の厚さを薄くして基材との境界に発生する熱応力をできるだけ小さくしたり、皮膜と基材の密着強度を高めるために処理方法に様々な改良が加えられている。

[0007] しかしながら、セラミックス皮膜では様々な改良にも関わらずに、根元的な熱膨張の差はいかんともしがたく、皮膜の剥離を抜本的に抑えることは実現されていないのが現状である。

[0008] そこで、本発明の目的は、前記従来技術の有する問題点を解消し、PVDやCVD処理によるセラミックス皮膜などの従来の手法によらずに、格段に優れた耐溶損性を発揮する鋳造機械部品用金属材料およびアルミニウム溶湯接触部材を提供することにある。

[0009] また、本発明の他の目的は、格段に優れた耐溶損性を発揮するように、TiC粒子をNi合金層に強固に接合させられるようにしたアルミニウム溶湯接触部材の製造方法を提供することにある。

#### 発明の開示

[0010] 前記の目的を達成するために、本発明はアルミニウム溶湯で鋳造品を成形する鋳造機に用いられる機械部品用の金属材料であって、

鋼材製の基材表面にNi合金層を形成し、前記Ni合金層の表面には炭化チタン(TiC)が粒子の状態で接合されていることを特徴とする。

[0011] また、本発明は、アルミニウム溶湯で鋳造品を成形する鋳造機に用いられる機械部品であって、鋼材を基材とする部品本体を有し、アルミニウム溶湯と直接接触する基材表面にはNi合金層を形成し、前記Ni合金層の表面には炭化チタン(TiC)が粒子の状態で接合されていることを特徴とする。

[0012] さらに、本発明は、アルミニウム溶湯で鋳造品を成形する鋳造機に用いられるアルミニウム溶湯接触部材の製造方法であって、鋼材を基材とする部品本体の基材表面にNi合金層を形成する工程と、TiC粉末中に部品本体を埋める工程と、加熱真空炉内にTiC粉末ごと部品本体を入れ、前記加熱真空炉中で、Ni合金から液相が発生

する温度まで真空加熱し、前記Ni合金層の表面にTiC粒子を接合させる工程と、かななることを特徴とする。

- [0013] 本発明によれば、PVDやCVD処理によるセラミックス皮膜などの従来の手法によらずに、格段に優れた耐溶損性を発揮するアルミニウム溶湯接触部材とすることができるので、本発明をアルミニウム合金溶湯に直接接触する鋳造機の部品に使用することで、部品寿命を格段に延ばすことができる。

#### 図面の簡単な説明

- [0014] [図1]本発明による鋳造機械部品用金属材料の構造を示す模式図。  
[図2]同鋳造部品用金属材料の他の構造を示す模式図。  
[図3]本発明によるアルミニウム溶湯接触部材の製造方法の説明図。  
[図4]実施例のアルミニウム溶湯接触部材の溶損試験結果を表したグラフ。  
[図5]実施例のアルミニウム溶湯接触部材の組織写真。

#### 発明を実施するための最良の形態

- [0015] 以下、本発明の実施形態について添付の図面を参照しながら説明する。
- 図1は、本実施形態による鋳造機械部品用金属材料の構造を模式的に示す図である。本実施形態による鋳造機械部品用金属材料では、鋼材製の基材表面にNi合金層を形成されている。そして、Ni合金層の表面には炭化チタン(TiC)が粒子の状態で接合されている。
- [0016] TiC粒子には、アルミニウム溶湯をはじく性質を有しており、この撥溶湯性を利用して、基材の鋼材にアルミニウム溶湯が直接接触するのを防止し、高い耐溶損性を実現することができる。
- [0017] そして、従来のPVD、CVD処理などによるセラミックスコーティングのように、溶湯と基材との接触を遮断するため全面を覆わせて耐溶損性を高めるメカニズムとは異なり、TiC粒子を密に散在させるだけで、耐溶損性を著しく高められる。
- [0018] また、TiCが粒子の状態でNi合金層に接合している構造では、基材が熱により膨張、収縮したときでも、TiC粒子には大きな熱応力がかからないので剥離することなく、耐溶損性を長い間維持することができる。
- [0019] TiC粒子の一部分が前記Ni合金層の表面から露出させるようにすることで、アルミ

ニウム溶湯との接触角が大きくなり、アルミニウム溶湯をはじく性質をより高められる。

- [0020] TiC粒子同士の間隙には、図2に示されるように、窒化ホウ素(BN)、アルミナ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )、ジルコニア( $\text{ZrO}_2$ )を少なくとも一種以上含むセラミックス微粒子が充填されていることが好ましい。このセラミックス微粒子は、TiC粒子を接合しているNi合金素地の耐溶損性を改善する。
- [0021] Ni合金の組成は、B:2.6〜3.2(%)、Mo:18〜28(%)、Si:3.6〜5.2(%)、C:0.05〜0.22(%)、残部がNi及び不可避免的不純物からなることが好ましい。
- [0022] この組成によるNi合金から発生する液相によって、TiC粒子は、Ni合金に高強度で接合し、さらに、TiC粒子との濡れ性もよいので、多くのTiC粒子を密に接合させることができるようになる。
- [0023] 以上のような金属材料を適用できる鑄造機械部品としてのアルミニウム溶湯接触部材には、鑄造機に用いる樋、金型、溶湯スリーブ、入れ子などを代表的なものとして挙げるができる。
- [0024] 次に、図3は、本発明の実施形態によるアルミニウム溶湯接触部材の製造方法を示す。
- [0025] 製造する部材は、鋼材を材料とするもので、部材の基材表面には、溶射によりNi合金層を形成しておく。
- [0026] 次に、図3(a)に示すように、容器に入ったTiC粉末を用意し、TiC粉末の中に基材およびNi合金層の全体が埋まるように部材を入れておく。
- [0027] そして、TiC粉末の容器ごと部材を加熱真空炉に入れて、加熱真空炉内でNi合金から液相が発生する温度まで真空加熱し、前記Ni合金層の表面にTiC粒子を接合させる。
- [0028] 加熱することによって、図3(b)に示すように、TiC粒子がNi合金層の表面から突き出た状態で接合する。この場合、加熱の過程では、溶け出したNi合金によりTiC粒子全体が覆われてしまうのは好ましくない。TiC粒子をNi合金で完全に覆わずに、TiC粒子の一部分がNi合金層から表面に出ている状態で強固に接合させるためには、前記TiC粉末中の粒子の平均粒径が10〜500  $\mu\text{m}$ の範囲内にあることが好ましい。
- [0029] TiC粒子径が10  $\mu\text{m}$ よりも小さいと、TiC粒子をNi合金の液相にすべて覆われな

いような真空加熱中の温度管理が難しくなる。TiC粒子がNi合金の液相にすべて覆われてしまうと、TiCの優れた耐溶損性が発揮できなくなる。

[0030] 他方、TiC粒子径が $500\mu\text{m}$ よりも大きくなると、Ni合金の液相が粒子の下部にしか行き渡らないために粒子との接触面積が不足し、接合強度が弱く簡単に粒子が脱落してしまう。

[0031] TiC粒子を接合した後は、窒化ホウ素(BN)、アルミナ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )、ジルコニア( $\text{ZrO}_2$ )を少なくとも一種以上含むセラミックス微粉末とバインダの混合スラリーをTiC粒子に塗布して焼き付ける工程を加えてもよい。この工程を経ることにより、さらに、耐溶損性は向上する。

[0032] TiC粒子が接合しているNi合金素地それ自体は、耐Al溶損性がよくないので、これをセラミックス微粉末を付着させることで改善することができる。さらに、TiC粒子間の隙間にこれらの微粉末が付着しているので、アルミニウム溶湯が接触してもセラミックス微粉末は除去されにくい。

[0033] 実施例

次に、本発明の実施例を挙げながら、本発明をさらに説明する。

[0034] 本実施例では、鋼材(JIS S45C)を基材として溶損試験に用いる試験体を加工した。試験体の基材表面には、上述した組成のNi合金を溶射してNi合金をライニングした。さらに試験体は、真空加熱炉内でTiC粉末中に埋めて、Ni合金から発生する液相にTiC粒子が接合されるまで真空加熱を行った。

[0035] 本実施例では、実施例1、実施例2の2種類を製作した。このうち、実施例1は、Ni合金にTiC粒子を接合しただけでセラミックス微粉末は付着させていないものである。これに対して、実施例2は、TiC粒子を接合させてからさらに窒化ホウ素(BN)の微粉末を塗布して焼き付けした。

[0036] 実施例1、2と耐溶損性を比較するために、比較例には実施例1、2の同一の基材表面にCVD処理により窒化チタン(TiN)をコーティングしたものをを用いた。

[0037] 溶損試験は、アルミニウム合金(JIS AC4C)からなる溶湯を $720^\circ\text{C}$ に保持し、それぞれ試験片を周速 $0.8\text{m/s}$ で溶湯に浸漬したまま回転させ、これを24時間継続し、溶湯から取り出して重量変化を測定した。図4は溶損試験結果を表示したグラフで

ある。この図4のグラフにおいて、横軸は、実施例1、実施例2並びに比較例のそれぞれについて、溶損試験の結果得られた単位面積あたりの溶損量(単位:mg/cm<sup>2</sup>)を表す。

- [0038] 実施例1と比較例の溶損試験の結果を比較すると、CVD処理のTiNコーティングをした比較例に較べて、Ni合金にTiC粒子を接合させた実施例1では、溶損量を約半分に抑えられた。さらに、実施例1と実施例2とを比較すると、TiC粒子の隙間にBN微粉末を付着させた実施例2では、まったく溶損がみられなかった。
- [0039] 次に、本発明のアルミニウム溶湯接触部材からアルミニウム溶湯の流路となる樋を製作した実施例3について説明する。
- [0040] この実施例3では、実施例2の窒化ホウ素(BN)の代わりに、平均粒子径が約1  $\mu$  mのアルミナ微粉末を付着させている。図5は、実施例3の断面の写真である。Ni合金層の表面には、約100  $\mu$  mの大きさの多数のTiC粒子が接合されているのがわかる。
- [0041] このような実施例3に係る樋と耐溶損性の比較をするために、同一の基材で表面にCVD処理を施した樋を比較例として製作し、実施例3と比較例について約700℃のアルミニウム合金溶湯を流し、溶損が確認されるまでの積算時間を計測した。
- [0042] CVD処理による比較例の樋では、約19時間で溶損が確認されたのに対して、実施例3では100時間経過後も溶損は確認できなかった。

## 請求の範囲

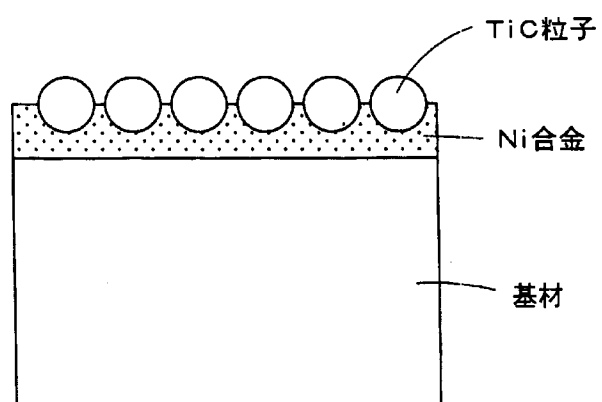
- [1] アルミニウム溶湯で鋳造品を成形する鋳造機に用いられる機械部品用の金属材料であって、  
鋼材製の基材表面にNi合金層を形成し、前記Ni合金層の表面には炭化チタン(TiC)が粒子の状態で接合されていることを特徴とする鋳造機械部品用金属材料。
- [2] 前記TiC粒子の一部分が前記Ni合金層の表面から露出していることを特徴とする請求項1に記載の鋳造機械部品用金属材料。
- [3] 前記TiC粒子同士の隙間に、窒化ホウ素(BN)、アルミナ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )、ジルコニア( $\text{ZrO}_2$ )を少なくとも一種類以上含むセラミックス微粒子が充填されていることを特徴とする請求項2に記載の鋳造機械部品用金属材料。
- [4] Ni合金の組成が、B:2.6〜3.2(%）、Mo:18〜28(%）、Si:3.6〜5.2(%）、C:0.05〜0.22(%）、残部がNi及び不可避免的不純物からなることを特徴とする請求項1に記載の鋳造機械部品用金属材料。
- [5] アルミニウム溶湯で鋳造品を成形する鋳造機に用いられるアルミニウム溶湯接触部材であって、  
鋼材を基材とする部品本体を有し、アルミニウム溶湯と直接接触する基材表面にはNi合金層を形成し、前記Ni合金層の表面には炭化チタン(TiC)が粒子の状態で接合されていることを特徴とするアルミニウム溶湯接触部材。
- [6] 前記TiC粒子の一部分が前記Ni合金層の表面から露出していることを特徴とする請求項5に記載のアルミニウム溶湯接触部材。
- [7] 前記TiC粒子同士の隙間に、窒化ホウ素(BN)、アルミナ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )、ジルコニア( $\text{ZrO}_2$ )を少なくとも一種類以上含むセラミックス微粒子が充填されていることを特徴とする請求項6に記載のアルミニウム溶湯接触部材。
- [8] Ni合金の組成が、B:2.6〜3.2(%）、Mo:18〜28(%）、Si:3.6〜5.2(%）、C:0.05〜0.22(%）、残部がNi及び不可避免的不純物からなることを特徴とする請求項5に記載のアルミニウム溶湯接触部材。
- [9] 前記アルミニウム溶湯接触部材は、樋、金型、スリーブ、入れ子などのアルミニウム溶湯に直接接触する表面を有する機械部品であることを特徴とする請求項5乃至8

のいずれかの項に記載のアルミニウム溶湯接触部材。

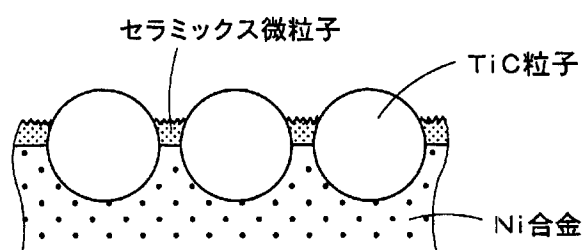
- [10] アルミニウム溶湯で鋳造品を成形する鋳造機に用いられるアルミニウム溶湯接触部材の製造方法であって、  
鋼材を基材とする部品本体の基材表面にNi合金層を形成する工程と、  
TiC粉末中に部品本体を埋める工程と、  
加熱真空炉内にTiC粉末ごと部品本体を入れ、前記加熱真空炉中で、Ni合金から液相が発生する温度まで真空加熱し、前記Ni合金層の表面にTiC粒子を接合させる工程と、  
からなることを特徴とするアルミニウム溶湯接触部材の製造方法。
- [11] 前記TiC粒子を接合した後、窒化ホウ素(BN)、アルミナ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )、ジルコニア( $\text{ZrO}_2$ )を少なくとも一種以上含むセラミックス微粉末とバインダの混合スラリーをTiC粒子に塗布して焼き付けることを特徴とする請求項10に記載のアルミニウム溶湯接触部材の製造方法。
- [12] 前記TiC粉末中の粒子の平均粒径が $10\sim 500\ \mu\text{m}$ の範囲内にあることを特徴とする請求項10に記載のアルミニウム溶湯接触部材の製造方法。
- [13] 前記Ni合金層は、  
Ni合金の組成が、B:2.6～3.2(%)、Mo:18～28(%)、Si:3.6～5.2(%)、  
C:0.05～0.22(%)、残部がNi及び不可避免的不純物からなるもNi合金を溶射することにより形成することを特徴とする請求項10に記載のアルミニウム溶湯接触部材の製造方法。



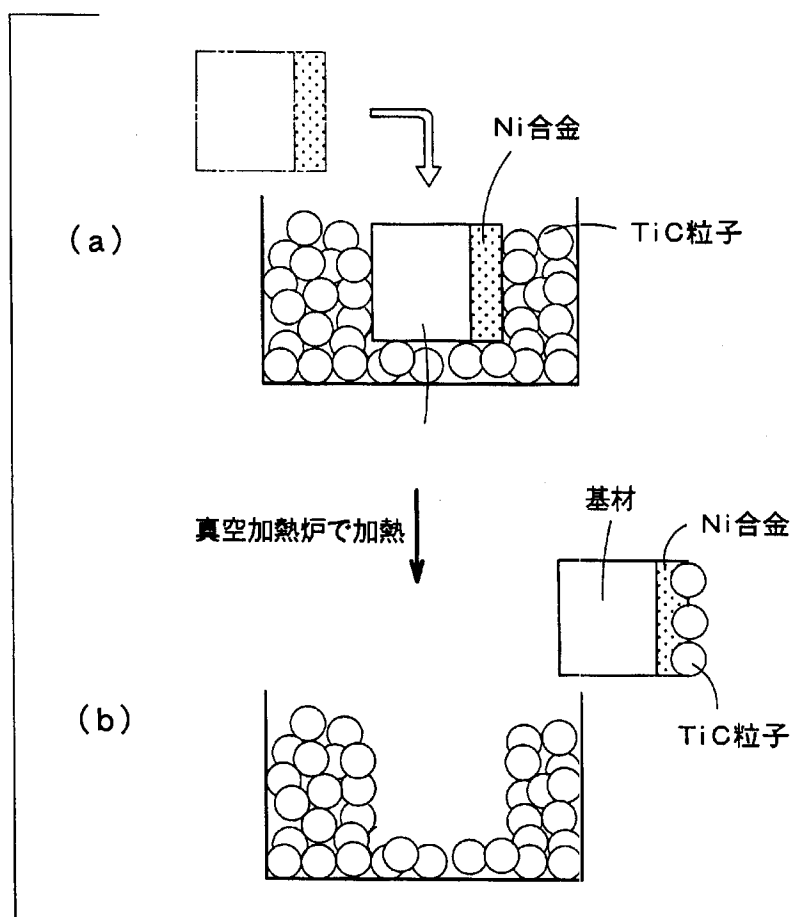
[図1]



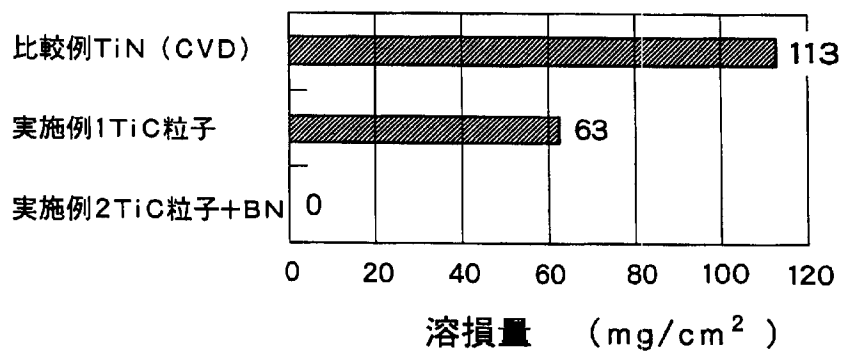
[図2]



[図3]



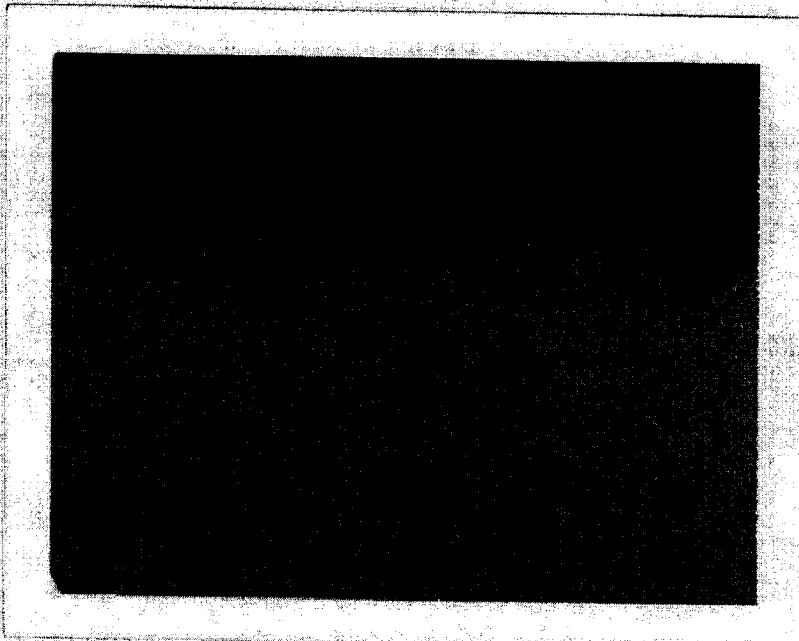
[図4]



[図5]

TiC粒子 →

Ni合金 {



200 μm